

# **TEMU ILMIAH NASIONAL DOSEN TEKNIK IX TAHUN 2010 (TINDT IX) 2010**

## **PENGEMBANGAN ILMU PENGETAHUAN YANG MENDUKUNG PENERAPAN TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN**

**Auditorium Gedung Utama  
Universitas Tarumanagara  
16 Desember 2010**

Diterbitkan oleh :  
Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara  
Jakarta

MANAGED BY :



SUPPORTED BY :  
PT. MATAHARI MEGAH



World Class Automation



## SIMULASI PENGUJIAN *IMPACT* VELG *RACING* SEPEDA MOTOR

Zuliantoni

Teknik Mesin - Fakultas Teknik - Universitas Bengkulu  
Kampus UNIB, Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu  
Email: zulian\_75@yahoo.co.id

### Abstrak

Pada simulasi pengujian velg ini beban dijatuhkan secara bebas (*free fall*) dengan tanpa kecepatan awal ( $v_0$ ), dan beban uji ini hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi ( $g$ ), serta efek-efek gesekan beban uji dengan udara adalah diabaikan, dan panjang lintasan yang ditempuh oleh beban adalah jarak ketinggian, ( $h_0$ ), dari beban tersebut terhadap titik tetinggi dari spesimen ujinya. Disini digunakan  $h_0 = 9 \text{ inch} \approx 0,2286 \text{ m}$ . Hasil simulasi pengujian *impact* velg diperoleh bahwa daerah yang paling kritis terletak pada daerah sekitar rim velg, dimana tegangan ekuivalen terjadi pada elemen 9212 sebesar 240 MPa. Nilai ini masih dibawah tegangan yield material velg yaitu 393 MPa. Berdasarkan teori kegagalan distorsi energi maksimum, dapat diprediksi bahwa velg tersebut tidak mengalami kegagalan pada pembebanan *impact*.

Kata Kunci: velg racing, sepeda motor, simulasi, *impact*

### Pendahuluan

Velg sebelum diproduksi secara masal atau dipasarkan ke konsumen harus terlebih dahulu melewati beberapa pengujian yang telah ditetapkan oleh organisasi tertentu, salah satunya yaitu *impact drop-test*. Untuk kesamaan persepsi dan standarisasi maka organisasi tersebut menetapkan standar-standar pengujian tersebut, seperti diantaranya standar pengujian "*impact*" yang ditetapkan oleh SAE - *Standard of Automotive Engineering* - (SAE J175 JUN 1988, "*Wheel-Passenger Cars - Impact Requirements and Test Procedures*"), yang di dalamnya berisi spesifikasi syarat-syarat pengujian, mekanisme pengujian, serta kriteria syarat lolos ujinya. Dalam mensimulasikan "*impact drop-test*" ini, maka permasalahan yang paling utama dari proses ini adalah, bagaimana mengidealisasikan proses pengujian yang telah ditetapkan oleh SAE dengan mengacu pada mekanisme yang dirancang oleh The STLabs (*The Standards Testing Laboratories*) ini, yang merupakan *problem fisik aktual*-nya menjadi suatu model yang diidealisasikan (*model simulasi*) dengan menggunakan *metode elemen hingga* (*finite element*), atau dengan kata lain bagaimana mendefinisikan ulang dalam bentuk model simulasi perilaku sistem fisik aktual tersebut. Jadi analisa haruslah merupakan suatu model simulasi yang akurat dari *problem fisik aktual*nya. Dalam pengertian yang lebih luas model ini terdiri atas semua node-node, elemen-elemen, sifat-sifat material, "*real constants*", kondisi-kondisi batas, dan ciri-ciri lainnya yang digunakan untuk merepresentasikan dari sistem fisik aktual tersebut. Berkenaan dengan permasalahan yang telah disebutkan di atas maka berikut ini diambil batasan-batasan masalah yang berkaitan dengan proses simulasi standar pengujian ini yaitu, Proses simulasi mengikuti mekanisme yang dirancang oleh The STLabs (*The Standards Testing Laboratories*) yang mengacu pada standar spesifikasi SAE, Pengaruh-pengaruh damping dan gesekan diabaikan, "*Mount rubber*" pada mekanisme pengujian diwakili oleh elemen diskrit (pegas), dengan kontanta pegas mewakili elastisitas dari "*mount rubber*" tersebut. Velg yang dianalisa adalah velg aluminium sepeda motor dengan spesifikasi geometris dan sifat-sifat fisik material diambil dari velg aluminium, ban yang digunakan adalah tipe "*tubeless-tyre*", beban tekanan pada ban dan velg yang diakibatkan oleh tekanan fluida udara, dimodelkan sebagai suatu beban permukaan (*surface load*), tidak menganalisa pengurangan tekanan "*inflation*" pada ban. Adapun tujuan



pada proses simulasi ini adalah, memvisualisasikan perkiraan perilaku velg tersebut selama proses pengujian "impact" tersebut berlangsung, dan memprediksikan respon dari velg sepeda motor tersebut akibat dikenai oleh pembebanan "impact" tersebut, seperti misalnya memprediksikan distribusi tegangan yang terjadi pada velg tersebut dan memperkirakan daerah kritis (tegangan maksimum) pada velg tersebut. Dengan melakukan proses simulasi ini diharapkan nantinya kita dapat mengurangi jumlah material spesimen uji, biaya, dan tenaga yang dikeluarkan untuk melakukan proses pengujian ini.

### Dasar Teori

Bentuk pendekatan tertentu dalam proses simulasi diperlukan untuk menjabarkan problem fisik aktualnya. Model matematis untuk menerjemahkan karakter kinematik, kondisi-kondisi batas, serta relasi penyertanya (*constitutive relation*), haruslah dipilih secara sesuai, agar kejadian fisik aktualnya dapat kita simulasikan secara memadai, dan *prediksi respon* yang didapatkan dari proses simulasi ini dapat mencerminkan respon sebenarnya dari fenomena fisik aktual tersebut. Pembebanan "impact" adalah suatu proses pembebanan yang terjadi secara tiba-tiba dan berlangsung dalam proses yang sangat cepat, sehingga efek-efek inersia adalah signifikan, oleh karenanya pembebanan ini digolongkan sebagai *pembebanan dinamik*. Bila dikaitkan pada proses kronologis pembebanan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada proses pengujian "impact" ini, antara lain terjadinya perubahan kondisi batas, perubahan respon material terhadap pembebanan dan karakteristik individualnya, *perubahan rotasi* yang besar, *perubahan perpindahan (displacement)* yang besar. Maka berdasarkan hal ini maka analisa yang sesuai untuk jenis pembebanan ini adalah *analisa nonlinier*. Pendekatan *analisa nonlinier* ini dapat kita analogi-kan seperti pada pendekatan *analisa linier*, perbedaannya terletak pada penyelesaian model matematis yang digunakan. Pada penyelesaian analisa linier, karena asumsi pada penyelesaian analisis linier regangan yang terjadi adalah kecil sekali, maka pada proses pembentukan matriks elemen hinggan, batas integrasinya diasumsikan pada volume yang tetap, sehingga penyelesaian integrasinya dapat dilakukan secara analitis. Sedangkan pada *analisa nonlinier*, asumsi ini tidak bisa diterapkan lagi karena pada analisa ini menyangkut *perpindahan* dan *rotasi* yang besar, sehingga penyelesaian integrasinya tidak dapat diasumsikan terjadi pada volume yang tetap, maka perlu pendekatan lain yang harus dilakukan untuk menyelesaikan problem ini. Salah satu formulasi yang biasanya digunakan adalah formulasi "*Continuum Mechanics Incremental Equations of Motions*", dimana pada penyelesaiannya sering digunakan metode iterasi "*Newton-modified*".

### Pembebanan Impact

Pembebanan "impact" terjadi apabila suatu beban yang cukup besar terjadi pada suatu struktur dalam rentang waktu yang relatif singkat. Contoh yang terjadi dalam keseharian kita misalnya, pada saat kita membenamkan paku pada dinding, dengan memukul paku tersebut dengan martil, proses tabrakan dua kendaraan yang sedang melaju dengan cepat, dan sebagainya.

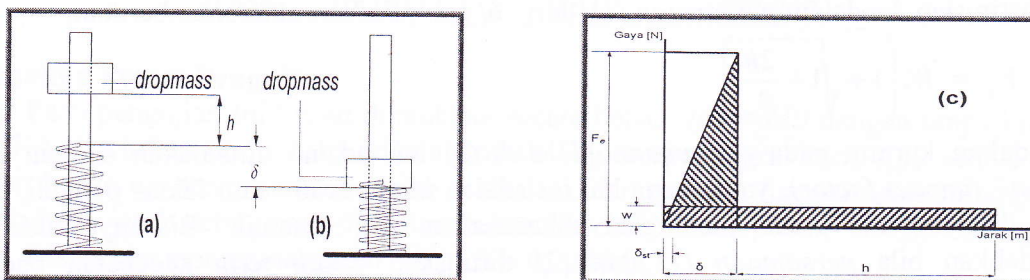
Beban "impact" ini diasosiasikan juga pada suatu proses pembebanan yang terjadinya bersifat kejutan (*shock loading*), pembebanan yang terjadi secara tiba-tiba (*sudden loading*), dan pembebanan impulsif (*impulsive loading*). Bila waktu yang diberikan untuk pembebanan dari "nol" sampai dengan nilai "maksimum"-nya adalah lebih kecil dari "setengah" "fundamental natural period" dari strukturnya, maka pembebanan ini bisa dikategorikan kedalam pembebanan "impact", sedangkan apabila waktu pembebanannya



"tiga kali" lebih besar dari "fundamental natural period" dari strukturnya, maka efek-efek dinamik dapat diabaikan, dan pembebanan bisa dianggap statis. Tidak hanya pertimbangan "impact" saja yang berpengaruh pada besarnya tegangan dan defleksi, tetapi sifat-sifat fisik dari materialnya pun merupakan suatu fungsi dari kecepatan pembebanan. Tetapi mengacu pada hal di atas ada satu hal yang mungkin merupakan suatu keuntungan yaitu, secara umum semakin cepat suatu pembebanan diberikan pada suatu material maka akan semakin tinggi nilai dari baik "yield strength" maupun "ultimate strength"-nya. Dalam rekayasa praktis, seringkali merupakan hal yang sangat sulit untuk dapat menentukan atau memprediksikan kondisi-kondisi dari pembebanan "impact" (impact loading) dan laju regangan "impact" (impact strain rate) ini, tanpa informasi ini maka faktor "impact" dan sifat material yang sesuai akibat proses pembebanan "impact" ini, tentunya hanya bisa diaproksimasikan saja[1]. Sumber-sumber dari beban "impact" ini dapat dikategorikan ke dalam tiga kategori, yaitu; beban yang bergerak dengan cepat (*rapidly moving load*), hal ini terjadi misalnya pada jembatan yang dilewati lokomotif; beban yang dikenakan secara tiba-tiba (*suddenly applied load*), ini terjadi misalnya pada silinder motor bakar pada saat proses pembakaran; beban "impact" langsung (*direct impact load*), seperti dihasilkan pada saat proses tempa (*forging*), atau seperti pada pengujian "impact". Kadangkala sumber-sumber pembebanan ini dapat terjadi sendiri-sendiri, atau dapat juga merupakan kombinasi dari kedua jenis tersebut, atau bahkan terjadi ketiga-tiganya secara bersamaan. Tegangan-tegangan dan defleksi-defleksi yang disebabkan oleh pembebanan "impact" ini biasanya lebih besar bila dibandingkan dengan yang diasosiasikan dengan beban statisnya, dan bila dibandingkan akan didapatkan suatu faktor yang dinamakan faktor "impact" (*impact factor*). Faktor "impact" ini ada dua jenis, yaitu; faktor tegangan "impact" (*stress impact factor*) dan faktor defleksi "impact" (*deflection impact factor*)

### Aprosimasi Tegangan dan Defleksi dari Impact linier

Biasanya faktor tegangan "impact" ini selalu lebih besar bila dibandingkan dengan faktor defleksi "impact", walaupun kadangkala akan mempunyai nilai yang sama bila diperoleh dari analisa aproksimasi "impact" linear. Lebih besar dari satu atau tidaknya suatu faktor "impact" ini tergantung dari hubungan antara seberapa cepatnya aplikasi pembebanan dan frekuensi natural fundamental terendah dari struktur yang bergetar akibat dikenai pembebanan "impact" ini. Pada gambar 1, diperlihatkan suatu kasus yang diidealisasikan, yang menggambarkan suatu beban yang jatuh bebas dan menimpa suatu struktur. Karena semua struktur adalah memiliki suatu elastisitas tertentu, maka struktur tersebut dapat digambarkan sebagai suatu pegas.



Gambar 1 Beban "impact" pada struktur yang elastis dengan cara menjatuhkan beban:  
(a) posisi awal, (b) posisi pada saat defleksi paling besar, (c) hubungan antara gaya-defleksi-energi



Dalam menurunkan persamaan-persamaan aproksimasi untuk tegangan dan regangan yang diakibatkan oleh pembebanan "impact" ini, maka pertama-tama kita tentukan asumsi-asumsi yang parallel dengan apa yang berkenaan dengan analisa frekuensi natural dari suatu sistem massa-pegas sederhana tersebut. Asumsi-asumsi tersebut diantaranya adalah; massa dari struktur pegas diabaikan, defleksi yang terjadi pada beban tersebut diabaikan, dan efek damping diabaikan. Implikasi dari asumsi-asumsi di atas dapat dijabarkan sebagai berikut ini. Dengan mengacu pada gambar 1, asumsi ketiga mengimplikasikan bahwa tidak ada energi yang hilang dikarenakan efek-efek gesekan yang diakibatkan misalnya oleh angin, gesekan antara beban dengan batang pengarah, gesekan antara beban dengan ujung pegas, atau "internal friction" di dalam massa struktur tersebut. Mengacu pada hal ini maka, berdasarkan prinsip konservasi energi, bisa dikatakan bahwa apabila sesaat beban jatuh bebas tersebut berhenti pertama kali sebelum beban tersebut didorong naik oleh pegas, maka pada saat tersebutlah semua energi kinetik dari beban jatuh bebas tersebut akan ditransformasikan menjadi energi regangan elastis pada struktur tersebut. Pada saat inilah tegangan dan regangan paling besar terjadi pada struktur tersebut. Mungkin pada kenyataan aktualnya disebabkan oleh keberadaan dari efek damping struktur dan efek damping lainnya, maka hasil aktualnya akan selalu berbeda secara substansial dengan prediksi yang didasarkan dengan mengabaikan efek-efek damping. Berdasarkan Gambar 1, maka bila simbol untuk beban adalah  $W$  [N], konstanta elastis pegas  $k$  [N/m], dan defleksinya adalah  $\delta$  [m], jadi gaya ekuivalen statik,  $F_e$  yang akan menghasilkan defleksi  $\delta$ , adalah  $F_e = \delta \cdot k$ . Defleksi statik yang terjadi setelah beban  $W$  tersebut berhenti berosilasi di atas pegas tersebut ditandai dengan  $\delta_{st}$ , dimana besaran ini dapat ditentukan dari persamaan  $\delta_{st} = W/k$ . Bila kita mengacu pada konsep energi maka  $W \cdot (h + \delta) = \frac{1}{2} F_e \cdot \delta$ . Seperti telah diketahui bahwa faktor " $\frac{1}{2}$ " ini muncul

dikarenakan beban diberikan secara gradual. Jadi dikarenakan  $F_e = \left( \frac{\delta}{\delta_{st}} \right) \cdot W$ , maka persamaan di atas dapat kita tuliskan kembali sebagai berikut,  $W \cdot (h + \delta) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\delta^2}{\delta_{st}} \right) \cdot W$

Hal ini adalah merupakan suatu persamaan kuadrat dalam  $\delta$ , dan bila kita selesaikan maka akan kita hasilkan hasil sebagai berikut,

$$\delta = \delta_{st} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{st}}} \right) \quad (1)$$

Pensubstitusian ke dalam persamaan (1) dari  $\delta / \delta_{st} = F_e / W$ , akan memberikan,

$$F_e = W \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{st}}} \right) \quad (2)$$

Term dalam kurung pada persamaan (1) dan (2) ini, adalah dinamakan dengan faktor "impact" (impact factor), yang mana hal ini adalah merupakan suatu faktor pengali, dimana beban dan defleksi statik meningkat dikarenakan aksi dinamik. Biasanya akan lebih memudahkan bila persamaan (1) dan (2) dituliskan dalam term kecepatan pada saat "impact",  $v$  [m/s], dibandingkan dengan apabila dituliskan dalam term tinggi jatuh,  $h$  [m]. Untuk kasus jatuh bebas, kuantitas-kuantitas ini dihubungkan dengan,



$$v^2 = 2gh \quad \text{atau} \quad h = \frac{v^2}{2g} \quad (a)$$

dimana,  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ], adalah percepatan gravitasi.

Bentuk variasi lainnya dari persamaan (1) dan (2) dapat diperoleh juga dengan mengambil hubungan sederhana dari antara defleksi statik dan frekuensi natural getaran ( $f_n$ , cycle per second), dari sistem yang terdiri dari beban,  $W$ , dan pegas,  $k$ . Dari teori getaran dasar, hubungan ini adalah,

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta_{st}}} = 3,13 \sqrt{\frac{1}{\delta_{st}}} \quad \text{atau} \quad \delta_{st} = \frac{9,8}{f_n^2} \quad (b)$$

## Metode Penelitian

### Pembuatan model beban uji

Berikut ini adalah dimensi dari beban uji (drop mass) berdasarkan standar pengujian impact. T

Tabel 1. Data property material beban uji

$E_{\text{drop}}$ [Pa]	mass	$\rho_{\text{drop mass}}$ [ $\text{kg/m}^3$ ]	$W_{\text{drop}}$ [lb]	mass	$M_{\text{drop}}$ [kg]	mass	$L_{\text{drop mass}}$ [m]	$V_{\text{drop}}$ [ $\text{m}^3$ ]	mass	$H_{\text{drop}}$ [m]	mass
0,21E+012		7580	2200		31,016		0,250	0,004		0,064	

### Pembuatan Model Landasan Penyangga Roda

Landasan penyangga roda (support base) berbentuk persegi panjang dengan kemiringan  $13^\circ$  dan keempat tumpuan yang terdapat di setiap sudut landasan penyangga (baseplate) tersebut dipasang karet peredam (natural rubber mount). Dimensi dari landasan penyangga roda ini akan ditentukan secara proporsional terhadap ukuran roda yang akan di uji, karena kita tidak tertarik akan apa yang terjadi pada landasan penyangga roda ini.

Tabel 2. Ukuran landasan penyangga roda

$P_{\text{support}}$ [m]	base	$L_{\text{support}}$ [m]	base	$H_{\text{support}}$ [m]	base	$K_{\text{rubber mount}}$ [N/m]
0,654		0,327		0,01		677,857

### Kinematika Proses Pengujian

Pada pengujian ini beban dijatuhkan secara bebas (free fall) dengan tanpa kecepatan awal ( $V_0$ ), dan beban uji ini hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi, ( $g$ ), serta efek-efek gesekan beban uji dengan udara adalah diabaikan, dan panjang lintasan yang ditempuh oleh beban adalah jarak ketinggian, ( $h_0$ ), dari beban tersebut terhadap titik tetinggi dari spesimen ujinya. Disini kita menggunakan  $h_0 = 9 \text{ inch} \approx 0,2286 \text{ m}$ .



## Material Alat Uji

Material pada mekanisme pengujian untuk apparatus alat uji akan ditentukan yaitu untuk beban uji adalah "isotropic homogen rigid" dan untuk landasan penyangga (support base) adalah "isotropic homogen rigid"

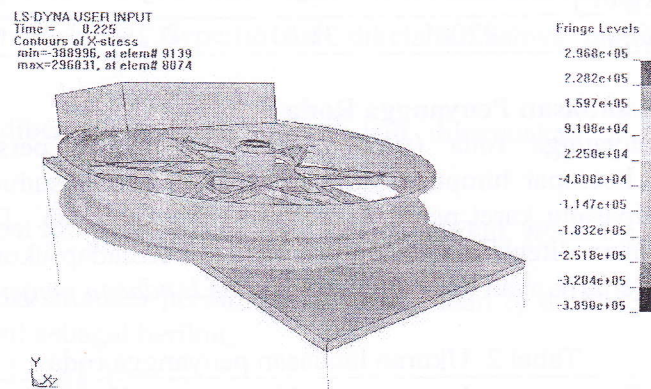
## Pembebanan

Pembebanan pada velg yang diakibatkan oleh tekanan fluida udara dalam ban (inflation pressure), pada simulasi ini akan diwakili dengan suatu beban permukaan (surface load) yang akan dikenakan secara normal terhadap permukaan rim dari velg dan juga permukaan dalam dari ban.

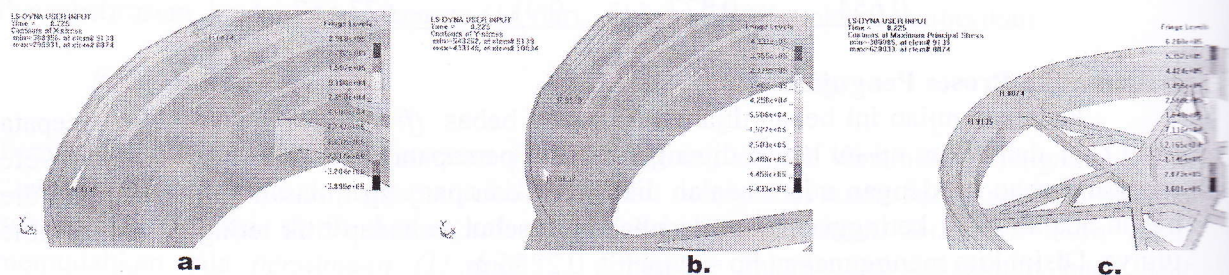
## Prediksi Distribusi Tegangan dan Tegangan Maksimum

Karena tidak terdapatnya data primer pengujian impak aktualnya, maka pada tahap perbandingan hasil simulasi, pembandingan yang digunakan untuk menguji proses simulasi (validasi) adalah tegangan "yield" material velg tersebut. Hal ini dapat dilaksanakan karena berdasarkan teori kegagalan distorsi energi maksimum, bahwa kita dapat melakukan evaluasi tegangan, meskipun kita hanya mempunyai data tegangan "yield" material, hasil dari pengujian tarik uniaksialnya saja. Apabila tegangan "yield" material velg lebih tinggi dari tegangan-tegangan yang diperoleh dari hasil proses simulasi pengujian impak ini, maka velg tersebut diprediksikan tidak mengalami kegagalan akibat dari pembebanan impak ini.

## Hasil Penelitian Dan Pembahasan



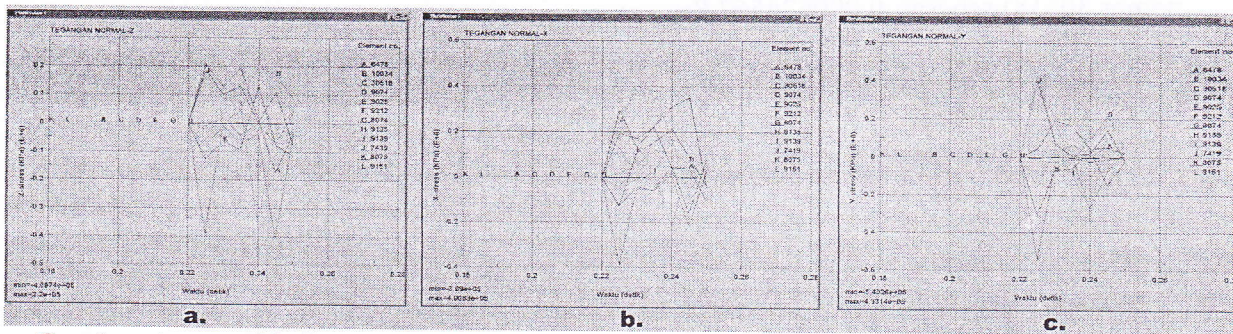
Gambar 2 Respon tegangan normal



Gambar 3. a. tegangan normal dalam arah sumbu x, b. tegangan normal dalam arah sumbu y, c. tegangan principal-1



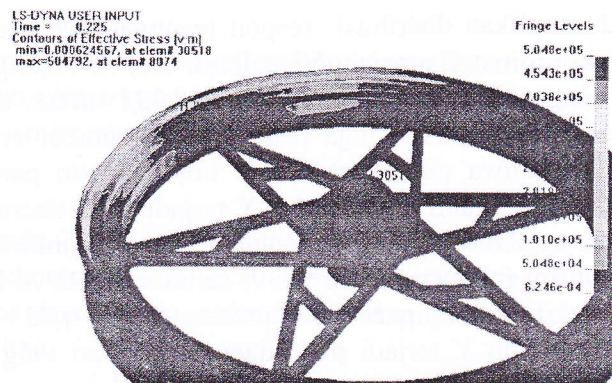
Pada gambar diatas ditampilkan distribusi respon tegangan-tegangan pada velg dalam arah sesuai dengan sumbu koordinat Cartesian. Visualisasi respon tegangan-tegangan ini diambil pada saat terjadinya "impact" yaitu pada saat  $t = 0.225$  detik, dan elemen-elemen yang mempunyai nilai ekstrim ditampilkan juga pada gambar-gambar respon tegangan ini. Dari gambar a diatas terlihat bahwa pada saat terjadi impact yaitu pada saat  $t = 0,225$  detik, tegangan normal maksimum dalam arah sumbu X terjadi pada daerah rim dari velg (elemen nomor 8074) yaitu sebesar 296831 Pa dan tegangan normal minimum dalam arah sumbu X juga terjadi pada daerah rim (elemen nomor 9139) sebesar - 388996 Pa. Dari gambar b diatas terlihat bahwa pada saat terjadi impact yaitu pada saat  $t = 0,225$  detik, tegangan normal maksimum dalam arah sumbu Y terjadi pada daerah rim dari velg (elemen nomor 10034) yaitu sebesar 433140 Pa dan tegangan normal minimum dalam arah sumbu Y juga terjadi pada daerah rim (elemen nomor 9139) sebesar - 543262 Pa. Dari gambar c diatas terlihat bahwa pada saat terjadi impact yaitu pada saat  $t = 0,225$  detik, tegangan principal 1 maksimum terjadi pada daerah rim dari velg (elemen nomor 8074) yaitu sebesar 628033 Pa dan tegangan principal 1 minimum juga terjadi pada daerah rim (elemen nomor 9139) sebesar - 300085 Pa.



Gambar 4. a.grafik distribusi tegangan normal x pada elemen-elemen ekstrim, b. grafik distribusi tegangan normal y pada elemen-elemen ekstrim, c. grafik distribusi tegangan normal z pada elemen-elemen ekstrim

Gambar diatas adalah tampilan dalam bentuk grafik distribusi tegangan tersebut sebagai fungsi waktu. Di sini yang ditampilkan adalah hanya untuk elemen-elemen yang mempunyai besaran kuantitas yang maksimum ataupun minimum, dan rentang waktu yang diambil adalah antara  $t = 0.18$  detik sampai dengan  $t = 0.25$  detik, karena pada daerah rentang waktu inilah terjadi "impact" antara beban uji dengan velg. Pada grafik-grafik di bawah ini terlihat bahwa pada saat terjadi "impact" yaitu antara  $t = 0.18$  detik sampai  $t = 0.25$  detik, terjadi perubahan tegangan yang drastis, karena pada pembebanan "impact" terjadi perubahan momentum atau gaya yang diakibatkan oleh aksi dinamik dari pengaruh-pengaruh inersia. Dari gambar a diatas terlihat bahwa distribusi tegangan normal - X maksimum terjadi pada elemen nomor J.7419 pada detik ke 0,230 dan tegangan minimum terjadi pada elemen nomor I.9139 pada detik ke 0,225. Dari gambar b diatas terlihat bahwa distribusi tegangan normal - Y maksimum terjadi pada elemen nomor B.10034 pada detik ke 0,225 dan tegangan minimum terjadi pada elemen nomor I.9139 pada detik ke 0,225. Dari gambar c diatas terlihat bahwa distribusi tegangan normal - Z maksimum terjadi pada elemen nomor J.7419 pada detik ke 0,230 dan tegangan minimum terjadi pada elemen nomor I.9139 pada detik ke 0,245.





Gambar 5 Respon tegangan efektif

Dari gambar diatas terlihat bahwa pada saat terjadi impact yaitu pada saat  $t = 0,225$  detik, tegangan ekuivalen maksimum terjadi pada daerah rim dari velg (elemen nomor 8074) yaitu sebesar 504792 Pa dan tegangan minimum terjadi pada daerah sekitar lubang poros (elemen nomor 30518) sebesar 0,000624567 Pa.

Tabel 3 Tabulasi tegangan untuk elemen-elemen pada saat “impact” ( $t=0.225$ )

No. Elemen	Posisi elemen	Tegangan prinsipal (KPa)			Tegangan Ekuivalen (KPa)
		S1	S2	S3	
6478	Rim	1.73E+05	1.01E+05	-31263	1.80E+05
7419	Rim	1.12E+05	28801	-213.84	1.01E+05
8074	Rim	1.54E+05	28751	11223	1.35E+05
8075	Rim	1.01E+05	22471	16683	81621
9025	Rim	54617	512	1.18E+05	1.53E+05
9074	Rim	9284.6	-30759	-43552	47743
9139	Rim	-40609	1.41E+05	2.77E+05	2.05E+05
9212	Rim	-57443	1.18E+05	3.22E+05	2.40E+05
10034	Rim	60535	13226	-16122	1.11E+05
	lubang			-5.66E-	
30518	poros	5.87E-04	7.15E-05	04	1.00E-03

Maka selanjutnya apabila kita bandingkan tegangan “yield” material velg tersebut dengan prediksi respon tegangan pengujian “impact” yang dihasilkan dari proses simulasi ataupun dengan hasil “hand calculation” dengan menggunakan persamaan distorsi energi, maka akan kita dapatkan hasil sebagai berikut ini.

Tegangan “yield” material velg,  $S_y = 393 \text{ MPa}$

Tegangan hasil simulasi yang diambil dari data elemen no. 9212,  $\sigma_e = 240 \text{ MPa}$

“hand calculation” (menggunakan data tegangan-tegangan prinsipal hasil simulasi pada

$$\text{elemen no.9212), } \sigma_{hitung} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]^{\frac{1}{2}}$$



$$\sigma_{hitung} = 240 \text{ MPa}$$

Maka bila kita bandingkan hasil-hasil di atas maka akan kita dapatkan hasil dalam bentuk tabulasi berikut.

Tabel 4 Perbandingan Tegangan Ekuivalen dengan Tegangan “yield” Material

Komponen [MPa]	Tegangan Nilai [MPa]	Tegangan Ratio terhadap $S_y$
$S_y$	393	1
$\sigma_e$	240	1,6375

Dengan mengamati visualisasi distribusi tegangan-tegangan pada velg, yang dihasilkan dari proses simulasi pengujian dampak ini, terlihat bahwa pada saat terjadi dampak antara beban uji dan velg, daerah yang mempunyai intensitas tegangan yang paling tinggi berada pada daerah rim dari velg tersebut (misalnya pada posisi elemen no. 9212). Berdasarkan hasil analisa yang didapat, maka dari perbandingan tegangan-tegangan yang terjadi, terlihat bahwa tegangan “yield” ( $S_y = 393 \text{ MPa}$ ) dari material velg lebih tinggi dari tegangan-tegangan yang diperoleh dari hasil proses simulasi seperti ditunjukkan pada tabel 4 diatas. Hal ini berarti bahwa dalam konteks simulasi pengujian dampak ini, velg tersebut diprediksi tidak mengalami kegagalan akibat pembebanan dampak ini.

### Kesimpulan

Daerah yang mempunyai intensitas tegangan yang paling tinggi berada pada daerah rim dari model velg (pada posisi elemen no. 9212) dengan tegangan ekuivalen  $\sigma_e = 240 \text{ Mpa}$ . Tegangan “yield” ( $S_y = 393 \text{ MPa}$ ) dari material velg lebih tinggi dari tegangan-tegangan yang diperoleh dari hasil proses simulasi. Hasil simulasi pengujian dampak tidak mengalami kegagalan akibat dari pembebanan yang diberikan.

### Saran

Hasil akhir dari simulasi ini bukan merupakan keputusan akhir untuk *manufacturing* produk. Oleh karena itu pengujian secara eksperimental tetap harus dilakukan.



## Daftar Pustaka

1. Juvinall, C, Robert, (1967) "*Engineering Considerations of Stress, Strain, and Strength*", McGraw-Hill Book Company, New York.
2. M.Suratman,Drs, (2002), "servis teknik reparasi sepeda motor", pustaka grafika, Bandung.
3. Pramono, A.S & Wikarta Alief, (2006), "*Simulasi Pengujian Impact pada Velg Sedan Dengan Metode Elemen Hingga*", SNITM, Surabaya
4. Kamal, Mounir M,(1982), "*Modern Automotive Structural Analysis*", Van Nostrand Reinhold Company
5. SAE HS-3200, (1996), "*Passenger Car Safety Standards Manual*", Society of Automotive Engineers,inc
6. Stephens, Ralph I, (2001), "*Metal Fatigue In Engineering*", John Wiley & Sons, incSugata W, I Dewa Bagus., (1998). "Analisis Elemen Hingga Pada desain velg racing Mobil Dengan Bantuan Paket Program EMRCNISA / Display II", Tugas Akhir (S1), Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITS, Surabaya.